



## **Optimal rotation i danske dambrug undersøgelse og vurdering af muligheder for produktionsoptimering**

Michelsen, Kaare; Nielsen, Rasmus; Thomsen, Brian

*Publication date:*  
2013

*Document version*  
Også kaldet Forlagets PDF

*Citation for published version (APA):*  
Michelsen, K., Nielsen, R., & Thomsen, B. (2013). *Optimal rotation i danske dambrug: undersøgelse og vurdering af muligheder for produktionsoptimering*. Akvakultur Forum. Faglig rapport fra Dansk Akvakultur Nr. 2013-6

# Optimal rotation i danske dambrug

Undersøgelse og vurdering af muligheder for produktionsoptimering



Faglig rapport fra Dansk Akvakultur nr. 2013-6

Dansk Akvakultur



## DATABLAD

Serietitel og nummer: Faglig rapport fra Dansk Akvakultur nr. 2013-6

Titel: Optimal rotation i danske dambrug

Undertitel: Undersøgelse og vurdering af muligheder for produktionsoptimering i dambrug

Forfattere: Michelsen Kaare<sup>1</sup>, Nielsen Rasmus<sup>2</sup> og Thomsen Brian<sup>1</sup>

Institutioner: <sup>1</sup>Dansk Akvakultur, <sup>2</sup>Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi

Udgiver: Akvakultur Forum

Finansiel støtte: Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri og EU

Projekt: Rapportering af projekt "Optimal rotation i danske dambrug", Journal nr. 3744-11-k-0194

Sammenfatning: Projektet skal bidrage til at gøre dambrugserhvervet mere markedsorienteret.

Der er udviklet en bio-økonomisk model til beregning af optimale rotationstider i dambrug. Den optimale størrelse for en dambrugsørred beregnes til 300 til 450 gram. Ved anvendelse af Faustmanns rotationsprincip vurderes den økonomisk optimale størrelse til ca. 300 gram.

Modellen kan anvendes til optimering og konsekvensanalyser. Det fremgår af modellen, at stigende priser på sættefisk vil øge den optimale størrelse af fisken, mens stigende foderpriser vil mindske den optimale størrelse. Modellen kan anvendes til at kvantificere den økonomiske betydning af valg af forskellige størrelser og typer af produkter.

Udbuddet fra dambrug bør i højere grad målrettes markedet behov. De væsentligste barrierer vurderes at være mangelfuld planlægning, manglende prioritering af kunder og den administrative regulering. Det vurderes, at der ikke er særlige produktionstekniske barrierer. Der peges ydermere på, at organisatorisk og/eller teknisk innovation, vertikal integration, vækst og en strukturudvikling mod færre men større anlæg vil kunne styrke udviklingen.

De største implementeringsrisici vurderes at være traditioner og en fragmenteret værdikæde.

Emneord: Akvakultur, dambrug, rotation, bio-økonomisk model, Faustmann, markedsorientering, produktionsplanlægning, værdikæde

Forsidefoto: Produktion af røgede ørred fileter på Danforel

ISBN: 978-87-996564-1-7

Internetversion: <http://www.danskakvakultur.dk/default.aspx?pageid=260>



## INDHOLD

<b>1. RESUME OG PROJEKTHYPOTESE .....</b>	<b>4</b>
<b>2. FORMÅL OG PROJEKTLIVERANCER .....</b>	<b>4</b>
<b>3. ORGANISERING .....</b>	<b>5</b>
<b>4. RESULTATER .....</b>	<b>5</b>
<b>5. METODE OG EMPIRI .....</b>	<b>6</b>
<b>6. PROJEKTETS HOVEDAKTIVITETER OG LEVERANCER .....</b>	<b>7</b>
6.1 Udvikling og optimering af bio-økonomisk model for dambrug .....	7
6.2 Optimering af rotationstid i den biologiske model .....	15
6.3 Optimering af rotationstiden i den økonomisk model .....	17
6.4 Opstilling af alternative scenarier for rotationstider .....	20
6.5 Diskussion af modellens resultater .....	22
6.6 Markedsorienteret produktion .....	23
<b>7. FORMIDLING OG DEMONSTRATION AF RESULTATER .....</b>	<b>30</b>
<b>8. PROJEKTETS KONKLUSIONER .....</b>	<b>31</b>
<b>9. PERSPEKTIVERING .....</b>	<b>32</b>
<b>BILAG 1: PLANLÆGNINGSVÆRKTØJ (EXCEL) .....</b>	<b>33</b>
<b>BILAG 2: SÆSONVARIATION .....</b>	<b>33</b>
<b>LITTERATUR .....</b>	<b>34</b>

## 1. RESUME OG PROJEKTHYPOTESE

Dette projekt blev iværksat for at undersøge og vurdere, om det er muligt at optimere produktionen i dambrug ved hjælp af en bio-økonomisk model. Valg af rotationstid har afgørende betydning for indtjeningen i dambrug. Ved rotationstid forstås fiskens størrelse og det tidspunkt, den sælges på markedet. Begge forhold påvirker prisen og produktionsomkostningerne og dermed den optimale indtjening.

I dag er produktionen underlagt en betydelig sæsonvariation, hvor dambrugene udbyder flest fisk om efteråret. Det vurderes, at det nuværende valg af rotationstider kun i mindre grad afspejler markedets behov, hvilket har betydning for erhvervets fremtidige afsætnings- og vækstmuligheder.

Hypotesen, som er testet i dette projektet, er, at et skifte fra en procesorienteret til en mere markedsorienteret tilgang vil kunne styrke konkurrenceevnen. Erhvervet vurderer, at evnen til at kunne levere den "rette mængde, i rette kvalitet og til rette tid" er af afgørende betydning, og projektet forventes derfor at bidrage til øget vækst og værdiskabelse i danske dambrug.

## 2. FORMÅL OG PROJEKTLIVERANCER

Projektets overordnede formål er at undersøge mulighederne for at optimere rotationstiderne i dambrug med henblik på at øge indtjening og værdiskabelse gennem proces- og organisatorisk innovation.

I projektet er det blevet undersøgt, om de nuværende opdrætscykler er optimale, og hvilke økonomiske gevinster der er ved at ændre på den nuværende praksis i dambrugene. Fokus har været på udsætningstidspunkt og det deraf følgende høsttidspunkt (rotationstid), samt på størrelse (gram) og type af fisk (hvid/rød). Det vurderes på baggrund af disse parametre, hvilken strategi/rotation der vil give de største private og samfundsøkonomiske gevinster ved at ændre den nuværende praksis. Heri indgår også en vurdering af behovet for innovation.

Forholdet omkring produktionsplanlægning i forhold til markedets behov er også analyseret.

Det vurderes, at projektets resultater samlet set vil bidrage til at gøre branchen mere markedsorienteret, og derigennem styrke mulighederne for at skabe øget værditilvækst.

Tre konkrete mål er opstillet for projektet:

1. Udvikling af en bio-økonomisk model for dambrug, herunder optimering af rotationstider
2. Opstilling af alternative scenarier for rotationstider og kortlægning af barrierer
3. Formidling og demonstration af resultater

Målgruppen er værdikæden fra avlsdambrug til forarbejdning og afsætning af den færdige fisk.

### 3. ORGANISERING

Projektet er gennemført i perioden maj 2011 til oktober 2013 med et budget på ca. 1,1 mio. kr. Dansk Akvakultur har gennemført projektet i samarbejde med Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi.

### 4. RESULTATER

I sammenligning med avl af svin, kvæg eller fjerkræ er opdræt af fisk i dambrug en relativ ny og forholdsvis lav teknologisk branche. Produktionen er på mange områder traditionsbunden, og selv om der i de senere år er gennemført betydelige investeringer i ny teknologi, så er opdræt af fisk fortsat karakteriseret ved en lav grad af industrialisering og professionalisering.

Produktet har en relativ lang produktionscyklus, og processen fra "æg til fisk" forløber typisk over 18 til 24 måneder. Fiskeopdræt er endvidere underlagt en række biologiske og naturgivne forhold, hvor ikke mindst klimaet og årstidernes variation sætter begrænsninger for produktionen.

Der er ikke over de senere år sket væsentlige ændringer i erhvervets værdikæde, der dermed fortsat er opbygget af selvstændige operatører. Dette forhold kan lede til suboptimal adfærd, hvor profitmaksimering sker på aktør og ikke på værdikædeniveau.

De ovenstående forhold udfordrer erhvervets overgang til en mere markedsorienteret produktion.

For at få en dybere indsigt i dambrugenes produktionsforhold og valg af produktionscyklus udarbejdes og anvendes en bio-økonomisk model. I modellen kobles viden om fiskens, i dette projekt regnbueørredens, biologisk vækst med de omkostninger, der er forbundet med produktionen. Sådanne modeller finder bred anvendelse inden for landbrug og fiskeri, men er ikke tidligere opstillet og anvendt på ferskvandsdambrug.

Regeringens "Strategi for udvikling af den danske akvakultursektor i perioden 2007 til 2013", som er udarbejdet i henhold til Rådets forordning om Den Europæiske Fiskerifond, sætter visionen og målene for udviklingen af akvakultur frem til 2013. Det fremgår heraf, at visionen er "at skabe rammerne for det størst mulige vedvarende udbytte af den danske akvakultursektor, hvor ressourcerne udnyttes under hensyn til målet om bæredygtighed og regional udvikling. "Det vurderes i strategien, at en målrettet udvikling af dansk akvakultur vil kunne forøge produktionen i dambrug til 60.000 tons ørred.

Det vurderes, at markedsudsigterne for afsætning af fisken er gode, da efterspørgslen efter fisk er stigende. Det skyldes blandt andet, at udbuddet fra det traditionelle fiskeri ikke forventes at stige væsentligt, og at den stigende efterspørgsel derfor skal dækkes af øget udbud fra akvakultur.

Når man ser på værdiskabelsen i akvakultursektoren, er det vigtigt at se på hele værdikæden fra primære producenter til detaillendet. Dette er specielt vigtigt i et erhverv som akvakultur, hvor værdikæden er lang og fragmenteret med mange små primære producenter. Samtidig er efterspørgslen meget koncentreret i detaillendet, som er samlet på få aktører.

Det er derfor af afgørende betydning for at opnå vækst i primærsektoren, at der sker en øget grad af industrialisering og professionalisering af erhvervet, og at væksten i højere grad sker på markedets præmisser.

Det gælder ikke mindst for opdræt af ASC mærkede ørreder. Det forventes, at de formelle rammer for opnåelse af ASC certificering er på plads ultimo 2014. En række dambrug forventes at blive ASC certificerede, og den danske strategi er at være pioner på området. Erhvervet har endvidere vedtaget en målsætning om, at al konventionelt opdrættet fisk fra dambrug, der sælges til konsum på detailmarkedet, skal være ASC certificeret. Der imødeses et scenarium, hvor efterspørgslen i hvert fald på kort og mellemlang sigt vil være større end udbuddet. Detailhandlen vil i en periode kun kunne vælge mellem et begrænset antal udbydere. Derfor er det afgørende, at danske opdrættere opbygger en position som troværdige leverandører, og det forudsætter bl.a., at fiskene skal være klar, når markedet tilsiger det, og ikke, når produktionsforholdene "tillader det".

## 5. METODE OG EMPIRI

Projektet er gennemført i flere parallelle faser. Indledningsvis er der udført modelberegninger med et kommercielt tilgængeligt værktøj – BioSystems fra BioMar – men det stod hurtigt klart, at værktøjet ikke er anvendeligt til dette projekts formål.

Derfor er der udviklet et nyt Excel værktøj til prognostisering af biologisk vækst i dambrug. Der er gennemført en række modelberegninger, og resultaterne er forelagt Dansk Akvakulturs brancheudvalg for dambrug. Det gav anledning til justeringer af modellen. Den vigtigste var, at den i praksis opnåelige maksimale vækst skønnes ca. 10 % lavere end den teoretisk maksimale vækst.

Den biologiske vækst model er derefter udbygget med økonomiske data, og værktøjet er yderligere tilpasset og justeret med henblik på bl.a. at øge brugervenligheden.

Der er gennemført en række beregninger af forskellige rotationsscenarioer med det nye værktøj, og resultaterne er drøftet med brancheudvalget for dambrug med henblik på især at vurdere resultaternes validitet.

Der er rettet kontakt til en række dambrugere angående indsamling af produktions- og driftsdata til yderligere validering af den biologiske vækstmodel. Det drejer sig i særdeleshed om tidsserie data for vandtemperatur, forbrug af el, foderforbrug, vægt af fisk, dødelighed m.m. Det var imidlertid ikke muligt at tilvejebringe sådanne data i et tilstrækkeligt omfang. Det skyldes bl.a., at dambrugerne ikke har adgang til tidssvarende drifts- og registreringssystemer og, at udtræk af data derfor ville kræve en betydelig manuel indsats, som ligger uden for dette projekts rammer. Det skyldes også, at dambrugeren ikke altid registrerer samhørende værdier af de for dette projekt nødvendige variable.

Derfor har det ikke været muligt at teste modellen med historiske data.

Der er gennemført en analyse af efterspørgselssiden. Formålet er at afklare, om der p.t. er en tidsmæssig ubalance mellem de mængder markedet efterspørger, og de mængder der udbydes fra dambrug. Konsekvenser af en sådan ubalance er vurderet. Analysen bygger på interview og spørgeskemaundersøgelse blandt fabrikker og eksportører.

Forholdet vedr. produktionsoptimering- og planlægning i forhold til problemstillingen omkring leveringer i vintermånederne er drøftet med udvalgte dambrugere, og de væsentligste barrierer for øget vinterproduktion er søgt identificeret.

Endelig er der gennemført en analyse af udvalgte problematikker for overgang til en mere markedsorienteret produktion i dambrug.

## 6. PROJEKTETS HOVEDAKTIVITETER OG LEVERANCER

### 6.1 Udvikling og optimering af bio-økonomisk model for dambrug

Der er i projektet blevet udviklet en bio-økonomisk vækstmodel, der giver erhvervet og den enkelte dambruger mulighed for at vurdere sine produktionsmuligheder baseret på anlægstype, anlægskapacitet, produktvalg (størrelsen af fisk m.m.), salgspris, vandtemperatur profil, størrelse af sættefisk og fodringsstrategi (udfodring). På baggrund af disse parametre beregner modellen produktionstid, omkostninger og indtægter.

Der er taget udgangspunkt i en samlet vurdering af erhvervets muligheder for at optimere de ovenstående parametre. I analysen anvendes de af erhvervet anbefalede biologiske parametre. Som grundlag for den økonomiske analyse anvendes data fra Danmarks Statistik, Regnskabsstatistik for Akvakultur. I modellen analyseres to typer af anlæg: Klassiske dambrug og modeldambrug type 3. Til beregning af de økonomiske parametre anvendes en gennemsnitsbetragtning på et antal udvalgte anlæg fordelt på de to anlægstyper, som vurderes at have udnyttet deres kapacitet fuldt ud.

For den individuelle dambruger vil det efterfølgende være muligt at anvende modellen med de specifikke biologiske og økonomiske parametre, der er gældende for dambrugerens enkelte anlæg.

Udarbejdelsen af modellen har bestået af følgende delelementer.

#### Litteraturstudie af bio-økonomiske modeller i akvakultur

Den biologiske vækstfunktion af den fisk som skal opdrættes, i dette tilfælde regnbueørred, er afgørende for, hvordan den optimale produktion kan/skal tilrettelægges. Væksten kan påvirkes af flere faktorer, som temperatur, udfodring, energiindhold i foderet, produktionsanlæg, modstandsdygtighed over for sygdomme, bestandstæthed, osv. På længere sigt kan selv den grundlæggende vækstfunktion ændres ved selektiv avl eller genetiske forbedringer af den producerede fisk.

I dette afsnit præsenteres brugen af bio-økonomiske modeller i akvakultur med fokus på Faustmann modellen (Faustmann 1849).



De bio-økonomiske modeller kan relateres til generel produktionsøkonomi, hvor man søger at optimere den økonomiske udnyttelse af en vedvarende ressource som træer eller fisk. Ved udnyttelse af en fornybar ressource er produktionen begrænset af de tilstedeværende produktionsfaktorer som jord og vand.

Talpaz og Tsur (1982) og Karp, Sadeh og Griffin (1986) var de første til at overføre rotationsproblematikken i skov til akvakultur. Faustmann modellen anvendes i moderne skovdrift til at løse problemet med at finde den optimale sekvens af plantning og høst i et stykke skov, der maksimerer det samlede økonomiske udbytte fra skoven. Denne problemstilling kan relateres til problemet med udsætning og høst af fisk i akvakultur.

Ud over anvendelsen af Faustmann modellen er de bio-økonomiske modeller i akvakultur også baseret på en tilpasset Beverton og Holt (1957) model for en enkelt årgang af fisk (Clark 1990).

Bjørndal (1988) var den første til at udvikle en specifik teoretisk model for akvakultur. I modellen vurderes først effekterne af forskellige økonomiske og biologiske parametre og, hvordan disse påvirker den optimale rotationstid (høst) for én rotation (årgang). Derefter analyseres effekten af at have flere på hinanden følgende produktionscyklusser (rotationer).

Arnason (1992), Heaps (1993, 1995) og Hean (1994) har yderligere udvidet denne model ved at undersøge effekterne af optimal fodring, vækstens afhængighed af populationstætheden, effekten af sortering af fiskene og udsætningsstrategier. Guttormsen (2008) har undersøgt forskellige aspekter vedrørende restriktioner for udsætningstidspunkt og sammenhængen med mulige pris cykler i norsk lakseopdræt, mens Yu og Leung (2009) studerede det optimale høsttidspunkt, når produktionscyklussen ikke var homogen.

Andre modeller, som anvendes i litteraturen vedrørende optimale høststrategier, er lineære programmeringsmodeller (Shaftel og Wilson, 1990, Fosberg 1996, 1999) og Markov beslutningsprocesser (Leung og Shang 1989).

Desuden har Yu og Leung (2005, 2006) og Yu et al. (2006, 2009) udviklet en vifte af høstmodeller, som anvender en network-flow modelleringstilgang. Modellerne er blevet anvendt på flere arter, som rejer, laks og karper, og flere forskellige typer af produktionssystemer, som land- og hav-baserede akvakultursystemer.

Ikke desto mindre er disse optimale rotation/høstmodeller ikke blevet anvendt på den landbaserede produktion af ferskvandsørred, hvilket er den mest betydningsfulde ferskvandsart produceret i Europa.

Bestemmelse af den optimale rotation/høsttid for ferskvandsørreder i landbaserede dambrug er derfor et vigtigt bidrag til optimering af denne type af produktion og et væsentligt forskningsmæssigt bidrag.

## Vækstmodel

Som udgangspunkt for den biologiske væksthfunktion for regnbueørred anvendes modellen udarbejdet af From og Rasmussen (1984). Denne model anvendes også til vejledning af dambrugerne i forbindelse med den daglig udfodring på dambrugene og som grundlag for forsøg udført af foderproducenter af ørredfoder. BioMar tilbyder fx et kommercielt software program – BioSystems – der bygger på denne vækstmodel.

Der er tre variable parametre i modellen: Vandtemperatur profilen, fiskens størrelse og foderniveauet. Dambrugeren har en vis indflydelse på alle tre variable. Vandtemperaturprofilen for en given rotation afhænger således af starttidspunktet og vandkilde (fx å-vand eller vand fra dræn/boring), dambrugeren kan anvende sættefisk af varierende størrelse (fx 10 eller 50 gram), og endelig kan foderniveauet, som tilpasses fiskens størrelse, varieres inden for givne grænser.

Modellen forudsætter endvidere anvendelse af foder med et givet fordøjelige energiindhold. Ved indtastning af disse tre parametre i modellen kan den daglige gennemsnitlige vækstrate for fisken således beregnes sammen med det daglige forbrug af foder.

I From og Rasmussens vækstligning beregnes den optimale daglige udfodring i % (DUF) ud fra foderniveauet (FN), fiskens vægt (V), energiindholdet i det anvendte foder (MJ) og vandtemperaturen (T):

$$(1) \quad DUF = \frac{FN \cdot e^{(0,0757 \cdot T)} \cdot V_0^{-0,2917}}{MJ} \cdot (45,159 + 2,378 \cdot T - 0,048 \cdot T^2 - 0,578 \cdot e^{T^{0,5}})$$

Dernæst beregnes den daglige vækstrate i % (DVR) ud fra DUF og MJ:

$$(2) \quad DVR = \frac{DUF \cdot MJ}{19,2 \cdot \exp^{-0,75 \cdot V_0^{0,107}}}$$

Indsættes ligning (1) i ligning (2) fås følgende reducerede approksimative udtryk for den daglige vækstrate:

$$(3) \quad DVR = FN \cdot e^{(0,0757 \cdot T)} \cdot V_0^{-0,3997} \cdot (4,9792 + 0,2622 \cdot T - 0,0053 \cdot T^2 - 0,0637 \cdot e^{T^{0,5}})$$

Fiskens vægt efter én dags vækst ( $V_1$ ) kan dermed beregnes som:

$$(4) \quad V_1 = V_0 \cdot (1 + DVR_0)$$

Fiskens vægt til en specifik dag N kan nu beregnes, i det DVR kan varierer dagligt (dage=i) med ændringer i FN og T:

$$(5) \quad V_N = V_0 + \prod_{i=0}^{n-1} (1 + DVR_i)$$

Med ovenstående omskrivninger kan den biologiske vækst i et dambrug (opbygning af biomasse) prognosticeres med tre variable: Startvægten (sættefisk), vandtemperaturprofilen og foderniveauet.

## Variable

### Temperatur

Vandtemperaturen varierer hen over året i Danmark og påvirker væksten i dambrugene. For regnbueørreder betyder en højere temperatur, alt andet lige, at fisken vokser hurtigere op til en temperatur på ca. 16-18°C. I Danmark svinger den gennemsnitlige vandtemperatur målt af Danmarks Meteorologiske Institut (DMI) fra 2° om vinteren til 16°C om sommeren, hvor den gennemsnitlige temperatur ligger på godt 8°C.

I de enkelte anlæg kan der være store forskelle i vandtemperaturen alt efter, hvilket vand der anvendes på dambruget (å-løbsvand, kildevæld, grundvand, drænvand) og, hvor tæt fiskene kan gå i de enkelte typer af anlæg, da en højere populationstæthed også øger temperaturen.

Overbygning og afdækning af produktionsområdet kan også have betydning for dambrugerens mulighed for at kontrollere vandtemperaturen og dermed anlæggets produktionsforhold.

Ved kørsel af modellen er det muligt at anvende forskellige scenarier for den årlige vandtemperatur, således at modellen tilpasses den enkelte producent bedst muligt.

I de generelle modelkørsler er der anvendt tre forskellige vandtemperatur profiler:

1. En fast gennemsnitlig vandtemperatur på 8°C
2. En varierende vandtemperaturprofil fastlagt på baggrund af data fra DMI, som repræsenterer indtag af overfladevand/å-vand
3. En (mindre) varierende vandtemperaturprofil, som repræsenter indtag af dræn-/eller borevand, hvor temperaturen typisk er koldere om sommeren og varmere om vinteren

De anvendte temperaturprofiler for 2 og 3 er som følger:

**TABEL 1: TEMPERATURPROFILER**

	Å-vand	Dræn
Januar	2	5
Februar	2	5
Marts	2	5
April	5	5
Maj	10	10
Juni	14	12
Juli	15	14
August	15	14
September	12	14
Oktober	8	10
November	4	8
December	2	5

### Energiindhold i foderet

Til modelberegningerne anvendes det fordøjelige energiindhold i foderet. Energiindholdet fremgår af de forskellige typer af foders varedeklaration og afhænger af størrelsen på fisken og den type fisk, man ønsker at opdrætte. Der er ikke udført beregninger med varierende energiindhold. Det forudsatte fordøjelige energiindhold er som følger:

**TABEL 2: FORDØJELIGT ENERGIINDHOLD I FODER**

Fisk (vægt i gram)	MJ/kg foder
0 – 5	19,9
5 – 15	20,5
15 – 50	20,0
50 – 100	21,5
100 – 450	22,0
450 – 1.000	20,0
1.000 – 2.000	20,5
2.000 – 3.000	21,0

### Dødelighed

Det antages i de udførte økonomiske beregninger, at den samlede dødelighed i produktionen svarer til ca. 5 % af den samlede producerede biologiske vægt. Dødeligheden er baseret på konkrete erfaringer fra dambrugerne. I prognosticeringsmodellen antages, at alle fisk først dør, når de har nået den ønskede salgsvægt. Det vil sige, at alle produktionsomkostninger er afholdt, men der er mindre biomasse til afsætning. Det har ikke været muligt at indsamle valide data for dødeligheden, men forholdet bør undersøges nærmere.

### Populationstæthed

I modellen antages det, at populationstætheden i dambrugene ikke påvirker væksten. Det skal bemærkes, at der i praksis kan være væsentlige forskelle fra dambrug til dambrug på, hvilken populationstæthed der anvendes. Det skyldes bl.a., at der er forskellige muligheder for at tilføre ilt og rent vand på forskellige anlægstyper. Det har ikke været muligt at indsamle empiri, der belyser dette forhold nærmere, men betydningen af denne parameter bør undersøges nærmere.

### Maksimal stående bestand

De fleste anlæg er designet til at kunne producere en vis årlig mængde, men der er samtidig individuelle og anlægsspecifikke grænser til den maksimale stående bestand. Ofte er anlæg designet til at kunne rumme en maksimal stående bestand på ca. 40 % af den årligt producerede mængde. Den udviklede Excel model gør det muligt at vurdere, om de valgte rotationscykler overholder en (variabel) grænse for den maksimale stående biomasse, men forholdet er ikke gjort til genstand for nærmere undersøgelser. Det bidrager dog til at afgrænse mulighederne for den daglige produktionsplanlægning, i det en kapacitetsgrænse "tvinger" dambrugeren til at anvende flere forskudte rotationscykler.

### Foderniveauet

Modellen opererer med norm værdier for foderniveauer, som er tilpasset forskellige fiskestørrelser i henhold til følgende tabel:

**TABEL 3: NORMTAL FOR FODERNIVEAU**

Fisk (vægt i gram)	FN <sub>Norm</sub>
0 – 1	0,35
1 – 5	0,45
5 – 15	0,60
15 – 50	0,70
50 – 300	0,85
> 300	1,00

Dambrugeren fastsætter i praksis foderniveauet på basis af kendskab til bl.a. anlægsspecifikke forhold (hvor "effektivt" er anlægget), valg af fodringsstrategi og en vurdering af, "hvor godt fiskene går". Sygdomme eller varmt vejr kan som eksempel reducere foderniveauet.

Dambrugeren kan derfor i givne perioder, og indenfor visse grænser, vælge at "fremskynde" produktion ved at anvende en mere intensiv fodringsstrategi (i.e.  $FN > FN_{Norm}$ ) eller produktionen kan "forsinkes" ved at anvende en mindre intensiv fodringsstrategi (i.e.  $FN < FN_{Norm}$ ).

Dermed er FN en reel praktisk produktionsvariabel, som dambrugeren kan variere i et vist omfang alt afhængig af de konkrete individuelle forhold. Ændringer i FN påvirker væksthastigheden, og dermed kan dambrugeren anvende FN til at justere rotationstiden og dermed leveringstidspunktet.

Den i projektet udviklede model giver mulighed for at variere foderniveauet for fisk af forskellige størrelse. I praksis vil dambrugeren kunne justere foderniveauet over en produktionscyklus, men da det kun bidrager til yderligere finjustering af en given rotation, er dette forhold ikke undersøgt nærmere. Det er derfor i alle beregninger antaget, at de valgte foderniveauerne ikke ændres i løbet af rotationen.

### Usikkerhed

Den daglige vækstrate, som estimeres i modellen, er baseret på nøje kontrollerede forsøg. Det er anslået af dambrugere og foderproducenter, at den oprindelige model overvurderer den vækst, der i praksis kan opnås på dambrugene, med omkring 10 %.

Der er derfor lavet to scenarier for rotationstiden. Ét hvor den oprindelige model anvendes og ét, hvor den daglige vækstrate reduceres med 10 %. Det svarer reelt til, at de i modellen anvendte foderniveauer reduceres med 10 %. Dette giver mulighed for at vurdere følsomheden i modellen.

### Regnskabsdata

Data for dambrugen omkostninger opgøres årligt af Danmarks Statistik i Regnskabsstatistikken for akvakultur. Der anvendes i modellen to forskellige sæt af regnskabsdata for de to typer af anlæg, da der er forskellige omkostningsstrukturer på klassiske dambrug og modeldambrug type 3.

For begges vedkommende gælder det, at der er udvalgt en række anlæg, som i 2011 har haft fuld kapacitetsudnyttelse af deres respektive produktionsanlæg. Dette gøres for at kunne vurdere, hvad omkostningerne per kilo produceret fisk er på andre anlæg, under forudsætning af, at de også udnytter deres kapacitet fuldt ud.

### Variable omkostninger

I modellen beregnes foder og kilowatt timer (kWh) som variable omkostninger på baggrund af den biologiske vækstmodel.

Foderomkostningerne afhænger af fiskens størrelse/tilvækst, og de daglige omkostninger til foder bestemmes således i modellen, når priserne er fastlagt.

kWh er et udtryk for den mængde energi, der bruges til at cirkulere vand og optimere iltindholdet i vandet. kWh er således et proxy for den tilførte ilt i produktionsanlægget. kWh beregnes ud fra den biologiske model, hvor den tilførte mængde af ilt (kWh) er afhængig af tilvæksten i anlægget.

### Faste omkostninger

Vedligeholdelse af anlæg betragtes som en fast omkostning, da denne vedligeholdelse skal foretages kontinuerligt over årene, for at produktionsanlægget kan udnyttes fuldt ud.

Lønnen på anlæggene betragtes som en fast årlig omkostning, da anlæg i kontinuert drift har et ensartet forbrug af arbejdskraft set over et år.

Andre driftsomkostninger er administration, miljøtilsyn m.m. som ligeledes betragtes som en fast årlig omkostning relateret til typen og størrelsen på anlægget.

### Rente beregning

Det antages som udgangspunkt, at der skal optages et lån for at finansiere alle omkostninger, der knytter sig til driften på anlægget. Der beregnes derfor en samlet renteudgift for alle anlæggets variable og faste omkostninger. I forhold til omkostningerne til drift og vedligeholdelse af anlægget svarer dette til en lejeudgift. Dermed er der ikke en kapitalinvestering, der skal forrentes, men anlægget betragtes som lejet eller leaset.

### Sættefisk

På basis af interview med en producent af sættefisk er prisen på 10 grams sat til 0,40 kr. per stk. og prisen på 50 grams er sat til 1,25 kr. per stk.

### Salgspriser

Der er indsamlet priser på forskellige typer af produkter og størrelser af fisk med henblik på at kunne beregne dambrugerens omsætning. Tabel 4 viser de indsamlede priser for forskellige typer af produkter og størrelser.

**TABEL 4: PRISER PÅ FORSKELLIGE TYPER AF PRODUKTER OG STØRRELSER AF FISK**

Størrelse (gram)	Farve	Pris	Anvendelse
350 – 500	Hvide	17,00 – 19,00	Ispak/røgning
350 – 500	Hvide	18,00 – 20,00	Levende
300 - 1.500	Røde	19,00 – 21,00	Filet
750 - 1.000	Røde	20,00 – 22,00	Levende

De indsamlede priser er baseret på interview med dambrugere og opkøbere. Det fremgår af tabellen, at størrelsen af fisken kun har marginal betydning for prisen. Dambrugeren har således ikke noget økonomisk incitament eller en konkurrencemæssig fordel ved at opdrætte store fisk frem for små, da større fisk ikke opnår en væsentlig højere kilopris.

Yderligere viser analysen, at der ikke er nogen nævneværdig forskel i prisen på de forskellige typer af produkter, hvilket igen bevirker, at valget af produkt type ikke har den store indflydelse for producenterens indtjening. Som det fremgår af tabel 4, er prisen lidt højere for røde end for hvide ørreder, men dette opvejes af, at udgiften til foder er højere ved produktion af røde ørreder, og der opnås derfor ikke en højere indtjening ved denne type produktion.

I de efterfølgende analyser fokuseres der derfor udelukkende på produktionen af levende hvide ørreder i fire forskellige størrelser, nemlig 350, 500, 750 og 1.000 gram, da rotationstiden umiddelbart vurderes at have større indflydelse på indtjeningen end typen af produkt.

### **Opbygning af bio-økonomisk model**

Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi har opbygget en bio-økonomisk model til estimation af den optimale rotationstid for forskellige størrelser af fisk.

I modellen bestemmes produktionstiden for 4 forskellige størrelser af fisk 350, 500, 750 og 1.000 gram. Til de forskellige størrelser af fisk beregner modellen de tilsvarende løbende og faste omkostninger. Modellen er opbygget i Excel med mulighed for at foretage både generelle erhvervsmæssige analyser og mere individuelle analyser på anlægsniveau. I denne rapport anvendes modellen til en generel beskrivelse af den danske dambrugssektor.

Den teoretiske udvikling af en mere generel bio-økonomisk model forventes at blive offentliggjort i internationale tidsskrifter for akvakultur. Disse modeller vil fokusere på en videreudvikling af Faustmann-modellen anvendt på danske dambrug.

### **Modelanvendelse på dansk ørredopdræt**

Den opstillede model er konkret blevet anvendt på to forskellige typer af danske dambrugsanlæg, der opdrætter ørred til konsum. Den økonomisk optimale produktionsplanlægning er blevet undersøgt for både klassiske dambrug og modeldambrug type 3.

Yderligere er der udarbejdet en model i Excel til anvendelse for den enkelte dambruger (bilag 1). I denne model har dambrugeren mulighed for at indtaste egne specifikke oplysninger om produktion og økonomi og kan således via modellen få kendskab til rotationstid og økonomi ved produktion af forskellige størrelser og typer af fisk.

## **6.2 Optimering af rotationstid i den biologiske model**

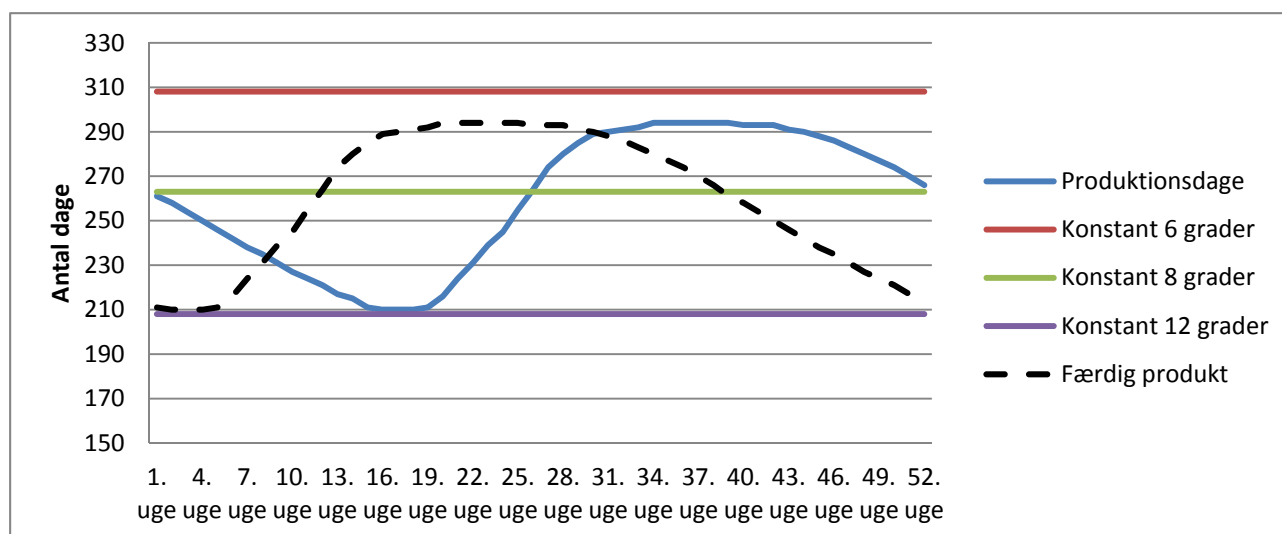
I dette afsnit gennemgås resultaterne fra den biologiske model med hensyn til den optimale rotationstid under forskellige antagelser om fast og variabel vandtemperatur i dambrugsanlæggene hen over året.

Figur 1 viser, hvor mange dage en sættefisk (regnbueørred) på 10 gram er om at nå en størrelse på 350 gram ved anvendelse af forskellige antagelser om temperaturer i den biologiske model. Hvis man antager, at der er en variabel temperatur hen over året, der følger DMI's gennemsnit, vil de mest optimale uger at udsætte fisk i være uge 15 til 19. Ved udsætning i denne periode kan det færdige produkt høstes efter kun 210 dage svarende til, at fisken kan høstes i ugerne 1 til 5. Hvis man derimod udsætter fisk i ugerne 34 til 39 vil produktionstiden være på 294 dage, hvor fisken så kan høstes i ugerne 20 til 25. Det er således muligt at reducerer produktionstiden med op til 84 dage ved at anvende den mest optimale udsætningsperiode.

Udsætningstidspunktet for fiskene har således stor betydning for produktionstiden og dermed også mulighederne for at optimere produktionen, når temperaturen i anlæggene varierer hen over året.



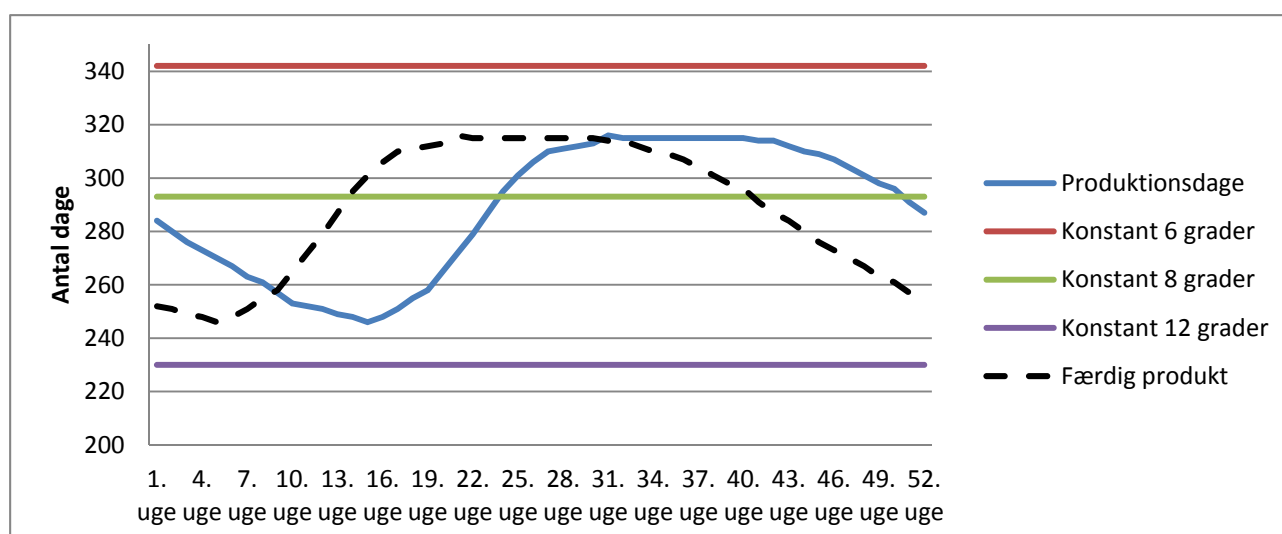
**Figur 1: Estimeret antal produktionsdage for 350 grams fisk i den oprindelige biologiske vækst model**



I figur 1 anvendes den oprindelige optimale model udviklet under forsøgsvilkår. Resultaterne og de bagvedliggende biologiske parametre er blevet præsenteret for både dambrugere og foderproducenter. De har samstemmende vurderet, at væksthastigheden i modellen er overvurderet med ca. 10 % i forhold til produktionstiden under normale forhold på et dambrug.

I figur 2 vises derfor produktionstiden, når vækstfunktionen i den biologiske model reduceres med 10 %. Når væksten reduceres med 10 % i den biologiske model betyder det, at produktionstiden øges med 36 dage for en fisk på 350 gram, når den udsættes på det mest optimale tidspunkt, mens perioden øges med 21 dage fra det ringeste udsætningstidspunkt til høst.

**Figur 2: Estimeret produktionsdage for 350 grams fisk ved ændret vækstfunktion i den biologiske model**



De fordele, der kan opnås ved at udsætte fisken på det rigtige tidspunkt, afhænger af fiskens samlede produktionstid. Ved produktion af mindre fisk på mellem 250-350 gram er produktionstiden mindre end 1 år, og man kan derfor med fordel udnytte de varmeste måneder til produktion og derved opnå en gevinst ved en kortere produktionsperiode. Hvis den samlede produktionstid derimod kan opgøres i hele år, før den ønskede størrelse opnås, kan der ikke opnås nogen fordele ved at ændre fiskens udsættelsestidspunkt, da man ikke har mulighed for at fravælge nogle af de kolde måneder i året til produktionen.

Temperaturen har dermed stor betydning i den biologiske model. Dambrugeren kan som tidligere anført påvirke produktionstiden, og dermed leveringstidspunktet, ved fx at anvende større sættefisk og/eller ved at justere foderniveauet. Dambrugeren kan således reelt sætte væksten i stå ved at lade fiske gå "fodertomme" i én eller flere perioder. Det vurderes, at energiindholdet i foderet ikke finder anvendelse som en generel produktionsvariabel i praksis.

Det bemærkes, at det er uvist, i hvilket omfang avlsarbejdet på fisk har påvirket den her anvendte vækstmodel og dermed projektets resultater og konklusioner.

Det konkluderes, at ved produktion af fisk på 250-350 gram i anlæg, hvor temperaturen følger den naturlige variation hen over året, opnås den korteste produktionstid ved at udsætte fisk om foråret, som kan høstes i efterårs og vintermånederne.

### 6.3 Optimering af rotationstiden i den økonomisk model

I tabel 5 vises konsekvenserne for de løbende omkostninger, når der anvendes en variabel vandtemperatur baseret på DMI's målinger af den gennemsnitlige vandtemperatur i Danmark.

Det er, som vist tidligere, en fordel at udnytte de varmeste måneder på året, hvor væksten er størst og undgå de koldeste måneder.

Dette har således størst betydning ved produktion af størrelser af fisk, som har en produktionstid på  $\frac{1}{2}$ ,  $1\frac{1}{2}$  og  $2\frac{1}{2}$  år, da man her har mulighed for at undgå produktion i nogle af de koldeste måneder. Hvis man skal producere en fisk på 350 gram varierer produktionstiden mellem det mest og mindst fordelagtige valg af udsætningstidspunkt med ca. 70 dage. I modellen vil omkostningerne per kilo produceret fisk ved den længere produktionstid give sig udslag i de variable omkostninger. I modellen antages det, at anlæggene udnytter deres kapacitet fuldt ud, og at de faste omkostninger per kilo produceret fisk dermed er konstante. De faste omkostninger afhænger således udelukkende af anlægstypen og anlæggets kapacitet.

I den økonomiske model er der anvendt følgende parametre for beregning af de løbende omkostninger:

- Der udsættes fisk på 10 gram til en pris af 40 kr. per kilo.
- Foderprisen varierer efter fiskens størrelse: 5-15 gram 11 kr. kilo; o. 15 gram 10 kr. per kilo
- Dødeligheden er anslået til ca. 5 % af den samlede producerede biomasse.
- Prisen per kWh er sat til 75 øre.
- Den biologiske vækstfunktion er reduceret med 10 % i forhold til den oprindelige model

I tabel 5 er forskellen i de løbende omkostninger vist for 4 størrelser af fisk ved valg af det mest og mindst fordelagtige udsætningstidspunkt. I tabellen er vækstfunktionen reduceret med 10 % for at give et mere realistiske billede af det mest og mindst optimale scenarie.

**TABEL 5: FORSKEL I LØBENDE OMKOSTNINGER PER KG PRODUCERET FISK VED VALG AF MEST OG MINDST OPTIMALE UDSÆTNINGSTIDSPUNKT**

	350 gram	500 gram	750 gram	1.000 gram
Udsætning i uge	32	23	6	50
Længste produktionstid dage	315	343	415	486
Løbende omk. pr. kilo	10,65	10,82	11,23	11,59
Udsætning i uge	15	4	30	27
Korteste produktionstid dage	246	320	385	416
Løbende omk. pr. kilo	10,41	10,52	10,98	11,26
Forskel i antal dage	69	23	30	70
Forskel i løbende omkostninger pr. kilo	0,24	0,30	0,25	0,33

Som det fremgår af tabel 5, er det mest fordelagtige udsætningstidspunkt ved en produktion af fisk på 350 gram uge 15. Ved at udsætte fisken her reduceres produktionstiden med næsten 70 dage i forhold til det mindst egnede udsætningstidspunkt. Besparelsen ved den kortere produktionstid udgør 24 øre per kilo produceret fisk.

Ved produktion af en fisk på 500 gram, hvor produktionstiden er tættere på ét år, er fordelene mellem den korteste og længste produktionstid kun på 23 dage. Dette skyldes, at man ikke udelukkende kan udnytte de varmere måneder af året til produktion. Den økonomiske gevinst ved at udsætte på det optimale tidspunkt er dog stadig væsentlig og udgør 30 øre per kilo. Dette skyldes, at jo større fisk og jo længere produktionstid, jo større betydning har udgifterne til foder.

Producerer man en fisk på 750 gram, er der 30 dage mellem det mest og mindst optimale udsætningstidspunkt, mens den økonomiske gevinst er på 25 øre per kilo fisk.

Ved produktion af fisk på 1.000 gram øges produktionstiden mellem det mest og mindst optimale tidspunkt igen, da man her har mulighed for at fravælge nogle af de kolde måneder i året. Økonomisk set kan der spares 33 øre per kilo fisk ved udsætning på det optimale tidspunkt.

I tabel 6 nedenfor vises de variable og faste omkostninger ved produktion på de to udvalgte anlægstyper fordelt på fire forskellige størrelser af fisk. Der er anvendt en konstant temperatur på 8°C, som svarer til den gennemsnitlige vandtemperatur i Danmark over et år. Det gør, at starttidspunktet på året ikke har nogen indflydelse på produktionsforløbet og den optimale rotationstid. I tabellen vises både resultaterne fra modellen med en 10 % reduceret vækstfunktion og det samlede resultat fra den oprindelige model. Som det fremgår af tabel 6, betyder den reducerede vækstfunktion, at omkostningerne stiger med ca. 1 kr. per kilo produceret fisk.

**TABEL 6: OMKOSTNINGER VED PRODUKTION AF 4 FORSKELLIGE STØRRELSER FISK I TO TYPER DAMBRUG**

Klassisk dambrug med 200 tons	Vægt i gram	Produktions-dage	Variable omkostninger kr.	Faste omkostninger kr.	I alt kr.	Oprindelig vækstmodel kr.
	350	292	10,54	9,66	20,20	19,28
	500	336	10,62	9,66	20,28	19,32
	750	391	11,03	9,66	20,69	19,65
	1.000	433	11,33	9,66	20,99	19,91
Modeldambrug type 3 med 700 tons	Vægt i gram	Produktions-dage	Variable omkostninger kr.	Faste omkostninger kr.	i alt kr.	Oprindelig vækstmodel kr.
	350	292	10,54	4,16	14,70	13,78
	500	336	10,62	4,16	14,78	13,82
	750	391	11,03	4,16	15,19	14,15
	1.000	433	11,33	4,16	15,49	14,41

Som det fremgår af tabel 6, er de variable omkostninger identiske for begge anlægstyper, da der anvendes de samme parametre i den underlæggende biologiske model. De faste omkostninger er derimod forskellige for de to typer af anlæg, da disse omkostninger er baseret på udtræk fra Danmarks Statistiks Regnskabsstatistik for Akvakultur. Omkostningerne for modeldambrug type 3 er per kilo produceret fisk på 4,16 kr., mens de for klassiske dambrug er på 9,66 kr. per kilo.

Det skal her nævnes, at det af statistikken også fremgår, at de klassiske dambrug får en tilsvarende højere pris for fisken end modeldambrugene. Dette skyldes, at de klassiske dambrug som oftest sælger deres produktion som levende fisk og dækker over visse specialproduktioner (fx store fisk til put & take, brødding m.v.), mens modeldambrug type 3 typisk sælger deres produktion til ispak/røgning. De lavere faste omkostninger for modeldambrug type 3 skyldes udnyttelsen af stordriftsfordele og en øget specialisering, hvor specielt en lavere lønudgift per kilo produceret fisk har betydning.

I tabel 7 vises udviklingen og sammenhængen mellem de variable omkostninger og de 4 forskellige størrelser af fisk. I den økonomiske optimering af produktionstiden er der to modsat rettede effekter.

Omkostningerne til udsætning af yngel/sættefisk falder per kilo produceret fisk, jo længere tid der går fra udsætningstidspunktet, da den totale biomasse øges. Omkostningerne til foder per kg produceret fisk stiger til gengæld, jo længere tid der går fra udsætningstidspunktet, da tilvæksten i biomassen er faldende, mens mængden af foder er stigende, jo større fiskene bliver.

Renteudgifterne i modellen har mindre betydning, men er stigende, jo længere tid der går fra udsætning til høst af fisken. Udgifterne til kWh er nogenlunde konstante per kilo produceret fisk, da der regnes med en relativ konstant tilførsel af ilt (kWh) og recirkulering af vand, svarende til 1 kWh per kilo færdigproduceret fisk.

**TABEL 7: ANDEL AF VARIABLE OMKOSTNINGER FORDELT PÅ FODER, YNGEL, RENTER OG KWH FOR FORSKELLIGE FISKESTØRRELSE**

Størrelse (g)	Dage	Foder	Yngel	Renter	KWH	I alt
350	292	8,23	1,33	0,26	0,73	10,54
500	336	8,67	0,95	0,27	0,73	10,62
750	391	9,35	0,65	0,29	0,74	11,03
1000	433	9,78	0,50	0,31	0,74	11,33

Det kan derfor konkluderes, at valg af valg af udsætningstidspunkt har betydning for anlæg, der ikke har mulighed for at opretholde en konstant temperatur henover året. Der er således mulighed for at opnå en økonomisk gevinst ved at udsætte fiskene på det tidspunkt, der optimere den biologiske vækst for fiskene.

## 6.4 Opstilling af alternative scenarier for rotationstider

I analysen af alternative scenarier for rotationstiden i danske dambrug er der anvendt en produktionsmodel, der udelukkende optimerer én "årgang" af fisk eller ét "batch" af fisk.

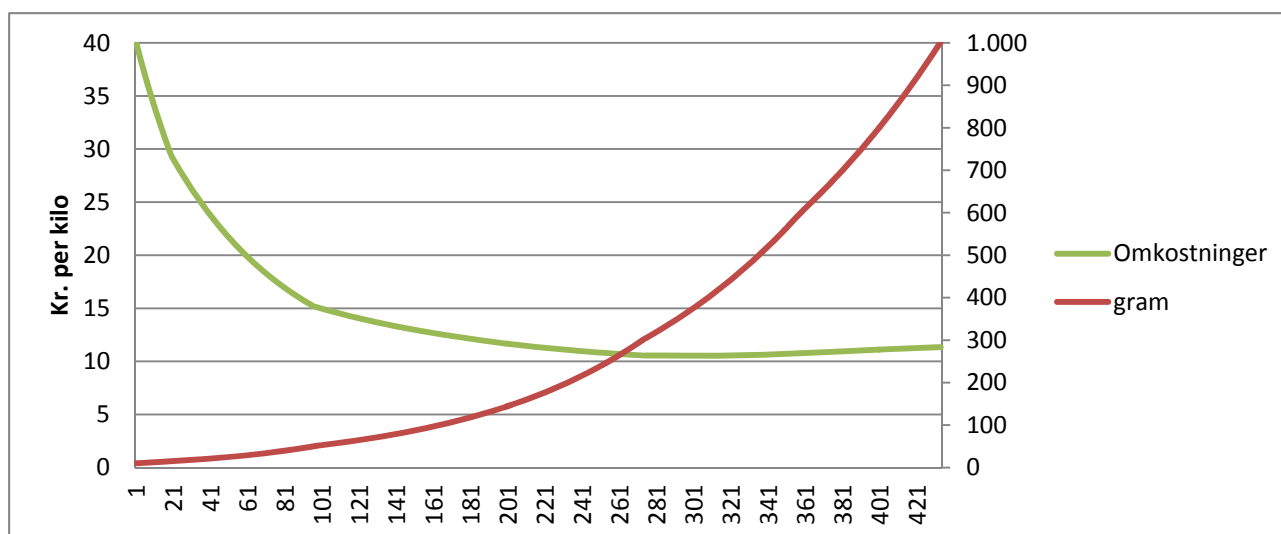
Modellen tager således ikke højde for, at den stående biomasse i anlægget i princippet optager pladsen for "nye" årgange og derved har en alternativomkostning. Alternativomkostningen vil som hovedregel betyde, at man skal høste fisken tidligere, end det fremgår af modeller, der kun optimerer produktionen for en enkelt årgang. Ved anvendelse af en egentlig Faustmann-model kan alternativomkostningen inkluderes, således at den optimale rotationstid, og dermed den økonomiske udnyttelse af et anlæg, bestemmes.

Resultaterne i denne rapport bygger ikke på en Faustmann-model, hvilket skyldes, at der i Faustmann-modellen antages, at de enkelte produktionscykler er ens. Det betyder, at modellen er bedst egnet til at bestemme rotationstid i for eksempel havbrug, hvor der udsættes fisk én gang, og fisken efterfølgende høstes på én gang. I de danske dambrug optimerer den enkelte dambruger sin produktion ved kontinuerligt at sorterer, høste og udsætte nye fisk. Det er derfor meget komplekst at vurdere, hvad den optimale rotationstid er, og hvordan anlægskapaciteten udnyttes bedst muligt i de danske dambrug.

En anden forudsætning for beregningerne i Faustmann-modellen er, at der eksisterer et kontinuerligt prisspektrum over de forskellige størrelser af fisk og forskellige produkter, der produceres. Til denne analyse har det ikke været muligt at skaffe et sådan kontinuerligt prisspektrum.

Resultaterne i det følgende afsnit er således baseret på en bio-økonomisk model, der kun optimerer én enkelt rotation af fisk i et dansk ferskvandsdambrug. I den opbyggede model antages det i "standard scenariet", at temperaturen er konstant på 8°C samt, at salgsprisen er 19 kr. per kilo fisk uanset fiskens størrelse. Antagelsen vedrørende en fast pris per kilo betyder også, at der kun er én optimal størrelse.

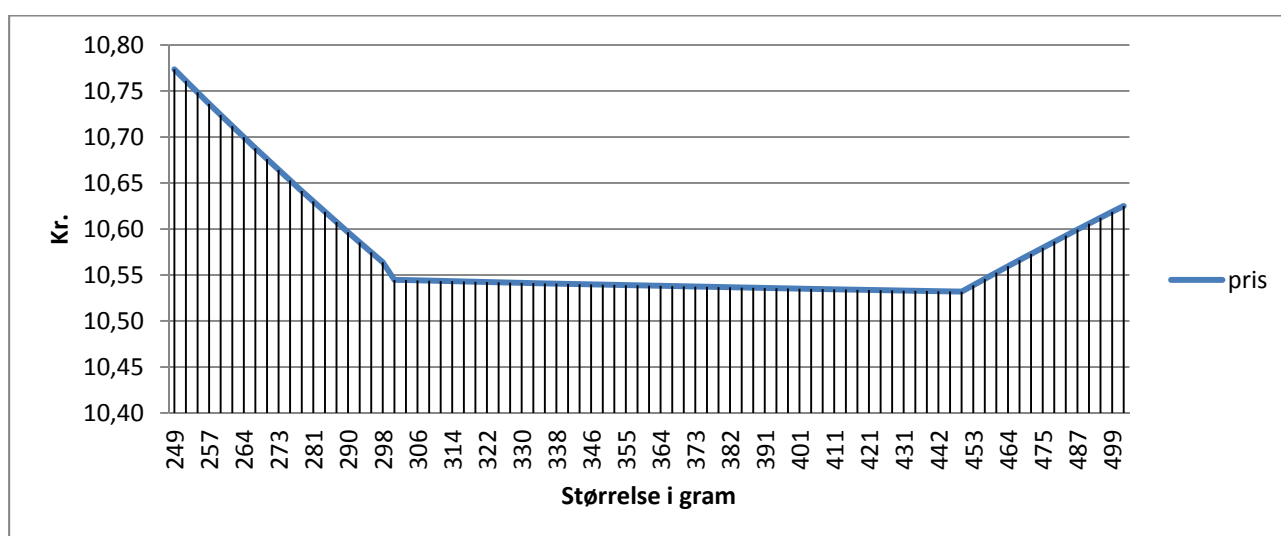
**Figur 3: Udvikling i løbende omkostninger ved produktion af fisk fra 10 til 1.000 gram**



Som det fremgår af figur 3, falder de løbende omkostninger per kilo produceret fisk i den første halvdel af perioden. Dette skyldes, at biomassen vokser forholdsvis hurtigt og de relative omkostninger til yngel/sættefisk, som er de dominerende omkostninger i begyndelsen af produktionsperioden, bliver dermed reduceret. Herefter begynder omkostningerne per kilo fisk igen at stige, hvilket skyldes, at omkostningerne til foder får større betydning.

I figur 4 vises resultatet af optimeringen i den bio-økonomiske model under de opstillede forudsætninger. Figur 4 illustrerer de løbende omkostninger som en funktion af den gennemsnitlige størrelse på de producerede fisk.

**Figur 4: Indtægter minus løbende omkostninger som funktion af den producerede størrelse fisk**



Under disse antagelser opnås den højeste profit ved salg af fisk i størrelsen 400 til 450 gram for begge typer af dambrug, hvor de løbende omkostninger udgør 10,53 kr. I intervallet mellem 300 til 450 gram er der dog stort set ingen forskel på produktionsprisen. Det forholdsvis store interval, hvor det er mest økonomisk rentabelt at sælge fisken, giver dambrugerne en relativt stor fleksibilitet i produktionsplanlægningen. Inddragelse af de faste omkostninger ændrer ikke på resultatet, da disse antages at være konstante. Resultatet er det samme for de to typer af dambrug, hvilket skyldes, at den underliggende biologiske model er identisk for de to anlægstyper.

Anvendes den oprindelige model, er den optimale størrelse af fisk 400 til 450 gram, men udgiften på begge sider af dette interval stiger hurtigere end i modellen med reduceret vækstfunktion.

Modellens resultater angiver således, at man med fordel kan høste fisken, når den opnår en størrelse på mellem 400 til 450 gram, da man her maksimerer overskuddet. I den bio-økonomiske model er der ikke taget højde for, at man med fordel kan udsætte nye sættefisk i anlæggene, som har en højere tilvækst, og derved vil man kunne udnytte anlæggets kapacitet bedre.

Dette betyder, at hvis Faustmann-modellens rotationsprincip anvendes i den bio-økonomiske model, skal fiskene senest høstes, når de er omkring 300 gram eller endog lidt tidligere for at udnytte anlægskapaciteten bedst muligt. Da der prismæssigt ikke er nogen forskel på at opdrætte større fisk eller andre typer af produkter, gælder det helt enkelt om at maksimere anlæggenes produktion af biomasse i form af antal kilo produceret fisk.

I modellen kan der foretages følsomhedsanalyser af alle de opstillede parametre i modellen. Som et eksempel vil en lavere pris på sættefisk betyde, at den optimale produktionsstørrelse bliver mindre. En reduktion af prisen på yngel på 10 % vil betyde, at den optimale størrelse reduceres til ca. 300 gram, mens en forøgelse på 10 % vil betyde, at den optimale størrelse er på 450 gram. Omvendt betyder en stigende foderpris fra 10 til 11 kr. per kilo foder til fisk over 15 gram, at den optimale størrelse bliver på ca. 300 gram, mens en reduktion af foderprisen fra 10 til 9 kr. per kilo foder betyder, at den optimale størrelse bliver fra 420 til 450 gram.

## 6.5 Diskussion af modellens resultater

Resultaterne fra den opstillede model stemmer godt overens med den opfattelse, der er i erhvervet omkring både den biologiske og økonomiske del af modellen og de antagelser, der er pålagt modellen.

Resultaterne i modellen skal dog som altid tages med et vist forbehold, da resultaterne er afhængige af de opstillede forudsætninger.

Ifølge de oplysninger, som dambrugerne og erhvervet har givet i forbindelse med dette projekt, er den gennemsnitlige salgsstørrelse af fisk på ca. 340 gram, hvilket stemmer godt overens med modellen.

Ovenstående beregninger indikerer dog, at dambrugerne med fordel vil kunne sælge mindre størrelser af fisk for at udnytte deres anlægskapacitet bedre.

Set fra aftagernes side er den ideelle størrelse af fisk til røgning på ca. 300 til 320 gram. Der er således ikke nogen markeds-mæssig hindring i at høste og sælge fisken i mindre størrelser, end tilfældet er i dag.

At fisken bliver solgt i en størrelse på 340 gram, som ikke synes optimalt i forhold den bio-økonomiske model, når Faustmanns rotationsprincip anvendes og i forhold til aftagerne, kan antyde, at der muligvis er omkostninger i forbindelse med køb af yngel og foder, dødelighed eller høst af fisken, som der ikke er taget højde for i modellen. Hvis for eksempel dødeligheden er lavere for større fisk end for mindre fisk, og tilvæksten er mere stabil for større fisk, kan dette betyde, at biomassen øges mere end modellen tilsiger fra 250 til 500 gram. Dette vil gøre det mere fordelagtigt at producere en større fisk, end modelberegningerne viser.

En anden forklaring kan være, at man ved produktionsplanlægning i anlæg med variabel temperatur forsøger at undgå udsætning af fisk i de kolde måneder, hvor tilvæksten er lav, hvilket har bevirket, at der har været ledig kapacitet til at lade den stående produktion blive lidt større og derved høste den ekstra profit, som den øgede mængde giver.

Dambrugene er også underlagt reguleringsmæssige restriktioner i form af blandt andet vand, foder eller udledningsrestriktioner, hvilket kan betyde, at anlægskapaciteten på det enkelte anlæg ikke kan optimeres fuldt ud. Dette vil betyde, at den enkelte producent vil suboptimere sin produktion ud fra de restriktioner, der er pålagt anlægget, hvilket igen vil betyde, at størrelsen på de producerede fisk formentlig vil være større end de beregnede størrelser i den bio-økonomiske model.

Yderligere har det enkelte anlæg mulighed for at indgå individuelle aftaler om produktion af bestemte størrelser og typer af produkter. Dambrugerne har herved kunne udnytte de fordele, der er ved niche produktion, som for eksempel økologi, "put and take" eller produktion til udsætning. Disse produktioner er dog begrænset af et forholdsvis lille marked.

I dette projekt har det ikke været muligt at indsamle oplysninger fra yngelproducenter og dermed vurdere, hvad der er den optimale størrelse og pris for yngel afsat til konsumanlæggene. Det betyder, at den fastsatte pris på yngel i modellen formentlig er overvurderet i forhold til en fuld værdikædebetragtning, da man må antage, at yngelproducenter også optimerer deres produktion og profit.

Derfor vil den bio-økonomiske model formentlig overvurdere den optimale størrelse i forhold til en analyse af hele værdikæden.

I sidste ende kan manglende viden i erhvervet have en negativ indflydelse på, hvordan produktionen tilrettelægges, således at man ikke udnytter anlæggenes kapacitet optimalt.

## 6.6 Markedsorienteret produktion

En markedsorienteret produktion bygger på, at produktionen er tilpasset de markeds-mæssige behov. I dette afsnit gives en analyse af den nuværende grad af markedstilpasning, i det der alene ses på udbud og efterspørgsel i mængder. Forhold vedr. kvaliteter, produktvarianter m.m. indgår ikke i analysen.



Evt. barrierer for overgang til en mere markedsorienteret produktion kortlægges, og der gives forslag til mulige løsninger.

Først analyseres efterspørgselssiden med henblik på at kortlægge markedets mængdemæssige behov. Dernæst analyseres udbudssiden og evt. barrierer for ændringer af udbudsprofilen.

Analysen bygger på både kvantitative og kvalitative data.

### **Efterspørgsel**

Der er med basis i eksportdata fra Danmarks Statistik lavet en analyse af afsætningen med henblik på at kortlægge evt. sæsonvariationer i afsætning og priser.

Sæsonvariationer defineres for afsætningen som måneder, hvor afsætningen i en måned afviger med mindst 20 % fra årsgennemsnittet. For priser er grænsen sat til 5 %.

Analysen dækker perioden 2000 til 2011 for de tre hovedprodukter fra dambrug: Røget ørred filet, levende og fersk/kølet < 1,2 kg.

Resultatet er vist i bilag 2

#### Røget ørred filet

Det fremgår af bilaget, at der over tid er sket en betydelig udjævning af sæsonvariationer i både mængder og priser. Der har siden 2003 ikke været sæsonvariationer i priserne, der således ikke afviger med mere end 5 % inden for de enkelte måneder. Det ses videre, at afsætningen fortsat er relativt større i december måned og relativt mindre i januar måned. Afsætningen ses at være særlig stabil i perioden april til oktober.

#### Fersk og kølet

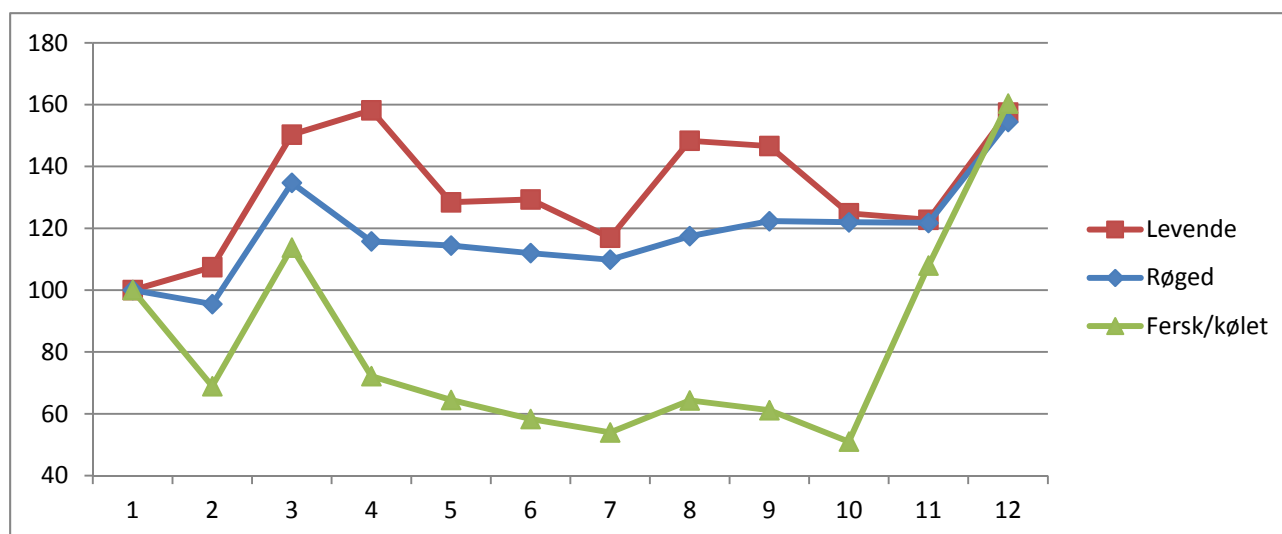
Der er betydelige variationer i både mængder og priser. Sæsonvariationen betyder, at afsætningen er relativt lavest i perioden april til oktober, hvor priserne er relativt højere. Omvendt er afsætningen relativt højere i perioden november til januar, hvor priserne til gengæld er lavest. Det bemærkes, at der er tale om betydelige udsving fra højeste til laveste måned.

#### Levende

Udviklingen for levende er på linje med udviklingen for røgede ørreder. Afsætningen er højest i december samt i marts/april og december og lavest i januar/februar måned, men priserne er stabile over hele året, om end der i 2010 og 2011 har været relativt lavere priser i december.

Nedenstående graf viser udviklingen (januar = indeks 100) for den gennemsnitlige månedlige afsætning i perioden 2009 til 2011. Det ses heraf, at afsætningen for alle tre kategorier er højest i december måned, og at den er relativt lavere i vintermånederne januar til februar.

**Figur 5: Eksport i mængder (gennemsnit for 2009 til 2011) fordelt på måneder (januar = indeks 100)**



Analysen er suppleret med en spørgeskemaundersøgelse blandt eksportører/fabrikker. Resultatet er vist nedenfor:

	Ispak/filet	Levende	Røgning
Er der sæsonvariation?	Nej	Højsæson marts-oktober og december	Ikke i betydeligt omfang men en vis afmatning i juni – august
Hvornår er der råvare mangel?	Januar – marts	Forårsmåneder	Vinter måneder
Konsekvenser af manglende råvare?	Tab af kunder og deraf tabt salg. Der bruges mange ressourcer på at vinde kunder tilbage. Stort problem på industrielle markeder.		
Kan pris differentieres i henhold til råvaresituation?	Det vil i så fald kun være "intern omfordeling". Markedet opererer ikke med "vinter og sommer" priser.		
Kan vi planlægge?	Svært da vejrlig ikke kan forudsiges, men nøglen ligger i primærproduktionen, da afsætningen er relativ stabil.		
Er problemet blevet større eller mindre?	Strukturudviklingen mod færre dambrug synes at have øget problemet		
Konsekvens af bedre planlægning?	Det vil styrke konkurrenceevne i forhold til fx Tyrkiet		

Det fremgår heraf, at der især er mangel på fisk i vintermånederne januar til marts og i forårsmånederne, men undersøgelsen viser også, at markedet ikke opererer med et "vintertillæg" til de dambrugere, der leverer fisk i vintermånederne. Resultaterne bekræftes af tallene fra Danmarks Statistik.

Det manglende "vintertillæg" skyldes formodentlig, at kunderne – primært tyske detailkæder – står over for et varieret udbud fra andre lande, hvor produktionen og den biologiske vækst er underlagt andre klimatiske forhold. Som det er fremgået af de tidligere afsnit, så vil et opdrætsregime med fx mere konstante temperaturer sikre et mere jævnt udbud. Dermed vil en evt. prisdifferentiering skulle ske i form af intern omfordeling i værdikæden, da kunderne ikke betaler en højere pris.

Undersøgelsen pointerer, at konsekvensen er tab af kunder, hvilket vurderes at være særlig kritisk på industrielle markeder, hvor leveringssikkerhed er en afgørende konkurrenceparameter. Eksportører og fabrikker peger på, at problemet skal løses i produktionsleddet, da afsætningen er relativ stabil. Der er også indikationer på, at strukturudviklingen mod færre anlæg har forstærket problemet.

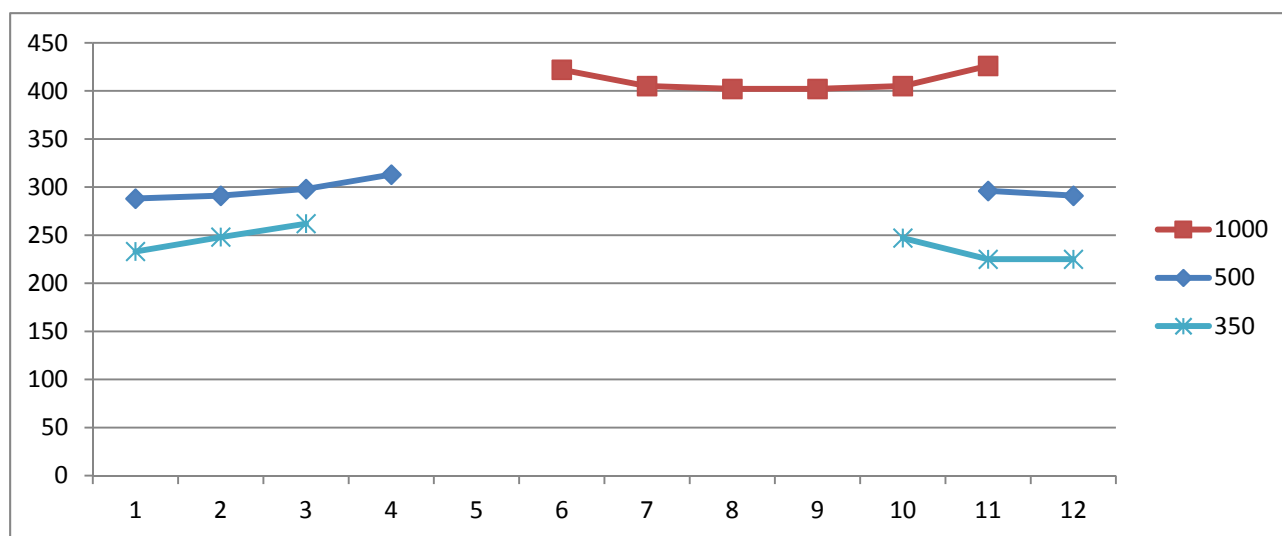
Det kan dermed konkluderes, at der ud fra en markedsræssig betragtning leveres for få fisk i vintermånederne fra januar til marts og, at det giver sig udslag i "skjulte" offeromkostninger i form af tab af kunder.

Dermed vil erhvervets konkurrenceevne kunne styrkes gennem overgang til en mere markedsorienteret produktion.

### **Udbud**

I det følgende ses der på, hvornår det er mest rentabelt for dambrugerne at have fisk klar til levering. Udgangspunktet er, at dambrugeren jf. tidligere bemærkninger vil planlægge produktionen efter kortest mulig produktionstid, i.e. omkostningsminimering. Det er tidligere anført, at dambrugerne anvender et vist antal rotationer per år. Der ses her på, hvilke 6 rotationer, der giver de korteste produktioner med henblik på at kunne levere fisk fra den 1. i hver måned. I denne analyse anvendes temperaturprofilen for overflade vand (å-vand), da man her oplever de største temperaturudsving og dermed den største variation i produktionstiden.

Resultatet fremgår af nedenstående figur:

**Figur 6: Leveringsmåneder ved brug af de seks korteste rotationer ved indtag af å-vand**

Af figur 6 fremgår det, at 350 grams (røget filet) fisk vil være leveringsklare i perioden fra oktober til marts, 500 grams (fersk/kølet/levende) fisk vil være klar i perioden fra november til april og 1.000 grams (fersk/kølet/levende) fisk vil være klar i perioden fra juni til november.

Det skal bemærkes, at der kan være mindre udsving i produktionstiden i forhold til den teoretiske model, da alle fisk ikke vokser lige hurtigt, og da fiskene løbende sorteres efter størrelse på dambrugene.

Med udgangspunkt i ovenstående analyse vil det ud fra de produktionstekniske muligheder ikke være et problem at levere fisk i størrelsen 350 til 500 gram i månederne januar til marts, hvor det er blevet påpeget fra aftagernes side, at der er mangel på råvarer.

### Barrierer

Som vist tidligere afhænger den biologiske vækst i sær af tre variable: Udfodringen, temperaturprofilen og størrelsen af sættefisk.

Dambrugerne har fuld kontrol over både vægten af sættefisk, og hvor meget der udfodres på de enkelte dambrug. Til gengæld er der stor forskel fra dambrug til dambrug på, i hvor høj grad temperaturen kan kontrolleres.

Det fremgår af interview med dambrugerne, at det rent faktisk er muligt at øge udbuddet i vintermånederne. Adgangen til æg eller sættefisk vurderes ikke at udgøre et særligt problem, og der synes generelt ikke at være produktionstekniske forhold, der begrænser mulighederne for at planlægge og tilpasse udbuddet.

Som eksempel kan høsten af en fisk, der er næsten færdig i december, udskydes til januar ved at reducere udfodringen, eller ved at udsætte starttidspunktet for produktionen. Det vil imidlertid betyde, at produktionsomkostningerne øges, da produktionsperioden øges enten ved lavere udfodring eller ved, at der opdrættes under mindre optimale forhold i de kolde måneder (sub-optimal anlægsudnyttelse, øget rentebyrde, indtægter fra salg forskydes).

Denne ekstra produktionsomkostning dækkes ikke via en højere pris ved salg i vintermånederne ("vintertillæg"). Ved at øge produktionstiden øges også risikoen for produktionstab i form af eksempelvis sygdom eller meget lave temperaturer, som yderligere kan forlænge produktionsperioden.

Der er således et begrænset incitament for den enkelte dambruger til at forsyne markedet i disse måneder, da der ikke tilbydes et pristillæg for "vinterfisk", og ved at den enkelte producent kun får en marginal andel af den samlede gevinst, som branchen som helhed vinder ved at kunne fastholde kunder i denne periode. At der ikke tilbydes en højere pris i vintermånederne må betyde, at andre (fx Tyrkiet) forsyner markedet i denne periode til en lavere pris.

Administrative barrierer, som hindrer en effektiv drift af dambrugene, er også en barriere for en mere markedsorienteret produktion. Som eksempler kan nævnes lange sagsbehandlingstider, manglende muligheder for at udnytte stordriftsfordele samt et administrativt regime, som ikke understøtter producenterne til at investere i ny teknologi. Et administrativt regime, der giver mulighed for en øget produktions- og produktivitetsvækst (Nielsen 2011, 2012) vil kunne understøtte en mere markedsorienteret produktion.

Derfor konkluderes det, at den primære barriere for overgang til en mere markedsorienteret produktion er et spørgsmål om at fordele de omkostninger, der er ved at producere i vintermånederne og de gevinster, der er ved at kunne fastholde kunder i denne periode. Dette må, som sektoren er struktureret i dag, ske på branche niveau, da den enkelte ikke har mulighed for at vurdere de positive gevinsters størrelse. Yderligere vil også den samlede udbudte mængde skulle koordineres bedre, således at manglende planlægning ikke betyder, at den høje december afsætning "tømmer" dammene, således at der ikke kan leveres fisk fra januar til marts.

### **Markedsorienteret produktion**

Det fremgår af ovenstående afsnit, at erhvervets konkurrenceevne vil kunne styrkes ved overgang til en mere markedsorienteret produktion. Den største udfordring synes at være, at udbuddet af fisk – i forhold til markedets behov – er for lavt i de tre vintermåneder fra januar til marts.

Det er vist, at dambrugerne – gennem ændringer i foderniveauet og/eller valg af rotationer – vil kunne tilpasse/justere udbuddet, men at det vil påføre den enkelte opdrætter øgede produktionsomkostninger.

Der er flere mulige løsninger.

Det har været fremført, at indførelse af et vintertillæg for fisk, der er klar til levering i januar – marts, til at dække de øgede produktionsomkostninger, antages at ville øge udbuddet. Det vil til gengæld betyde et mindre udbud på andre tider af året, da dambrugenenes maksimale produktion afgrænses af enten en foderkvote eller af udledninger til vandmiljøet. Det er meget usikkert, om den samlede gevinst for erhvervet ved et sådant tillæg vil være positivt ("hvad koster en tabt kunde"). Det er endvidere yderst usikkert, hvordan et vintertillæg vil skulle finansieres med den nuværende fragmenterede værdikæde. Det må endvidere antages, at dambrugerne i dag allerede leverer den for dem optimale mængde i de tre vintermåneder, da det sikrer de laveste rotationstider.

Derfor vurderes det, at en øget produktion vil skulle ske gennem ændringer i foderniveauet, hvilket vil øge erhvervets samlede produktionsomkostninger. Der er således en række forhold, der samlet set taler imod, at indføre et vintertillæg og at det ikke er en økonomisk optimal løsning.

En bedre intern produktionsplanlægning på anlægs- og brancheniveau vil kunne sikre en bedre balance mellem udbud og efterspørgsel. Værktøjet udviklet i dette projekt gør det muligt, at prognosticere det forventede udbud i det omfang dambrugerne er villige til at indberette oplysninger om den stående biomasse. Det vil ligeledes være muligt at prognosticere den samlede forventede efterspørgsel, hvis eksportører/fabrikker er villige til at indberette oplysninger om den forventede afsætning. En sådan tilgang fordrer en tættere dialog mellem eksportører og dambrugere.

Det fremgår af figur 5, at den samlede afsætning i december måned er ca. 60 % højere end i januar måned. Dette er en medvirkende årsag til, at der efterfølgende er mangel på fisk. En skarpere prioritering af kunderne, som er i tråd med en mere markedsorienteret tilgang, vil kunne bidrage til en bedre og mere optimal udnyttelse af råvaregrundlaget. En sådan prioritering kan evt. ske på tværs af segmenter ud fra en betragtning om, at råvarerne bør allokeres til de mest lønsomme kunder.

Organisatorisk innovation i form af fx vertikal integration er et effektivt redskab til at sikre en optimal fordeling af omkostninger og gevinster i værdikæden. Ved at samle produktion og afsætning i ét og samme selskab styrkes mulighederne for at koordinere og planlægge produktionen i henhold til kundernes behov.

Teknologisk innovation med en højere grad af kontrol over vandtemperaturen vil betyde, at væksten ikke vil blive reduceret i samme grad i de kolde måneder på året, og den enkelte producent vil dermed ikke have væsentligt højere omkostninger ved produktion om vinteren. Overgang til mere konstante vandtemperaturer vil dermed bidrage til en udjævning af udbuddet. Det vil andet lige give sig udslag i et relativt lavere udbud i vinter- og efterårsmånederne og et relativt højere udbud i sommermånederne.

Strukturudvikling og vækst forventes at fremme en mere markedsorienteret produktion. Det antages, at større virksomheder vil have bedre muligheder for at tilpasse sig og være mindre sårbare over for udsving i priser og omkostninger. Det antages videre, at en større sektor bedre vil kunne håndtere udbud og efterspørgselsproblematikken, da flere og større virksomheder langt bedre vil kunne tilrettelægge deres produktion samt garantere, at indgåede kontrakter kan opfyldes og dermed dække markedets behov. Mangel på kritisk masse (volumen) i erhvervet kan hindre produktivetsforbedringer i selve erhvervet og følgeerhverv. Generelt er den europæiske akvakultursektor præget af mange små sektorer med produktion af mange arter, hvilket hindrer en effektiv udnyttelse af input fra følgeindustri.

Yderligere vil sektoren kunne drage fordel af ændrede miljømæssige rammevilkår, der i højere grad giver mulighed for at planlægge produktionen i henhold til markedsbehov.

Det konkluderes derfor, at øget fokus på produktionsplanlægning, både på anlægs- og brancheniveau, øget fokus på kunde prioritering, organisatorisk/teknologisk innovation, ændret organisering af værdikæden, strukturudvikling, vækst og nye miljømæssige rammevilkår vil være de mest virksomme midler til at sikre en mere markedsorienteret produktion.

### **Samfundsøkonomiske konsekvenser**

En mere markedsorienteret tilgang og en tilpasning af udbuddet fra den danske akvakultursektor vurderes at have en positiv effekt på erhvervets muligheder for at øge produktionen og indtjeningen.

En mere helhedsorienteret og bedre produktionsplanlægning i erhvervet gennem en mere optimal udnyttelse af anlægskapaciteten ved udvikling og anvendelse af bio-økonomiske modeller vurderes også at bidrage positivt til samfundsøkonomien.

En øget vækst og konkurrenceevne i erhvervet vil sandsynligvis også medføre en øget beskæftigelse både i primær sektoren og dens følgeerhverv.

Alt i alt vil en øget produktivitet, indtjeningsevne og værdiskabelse i akvakulturerhvervet alt andet lige bidrage positivt til den danske samfundsøkonomi i form af et øget beskatningsgrundlag.

## **7. FORMIDLING OG DEMONSTRATION AF RESULTATER**

Projektets resultater er blevet formidlet og demonstreret på forskellig vis.

- Resultaterne er blevet fremlagt og demonstreret på en temadag for foreningens medlemmer 29. oktober 2013
- Dambrugerforeningen 11. april 2013
- Workshop om laksefisk i Oslo den 27. og 28. august 2013
- Præsentation af rotationsprojekt for dambrugerne

Det forskningsmæssige indhold i modeludviklingsdelen vil blive formidlet til internationale tidsskrifter. I disse fokuseres på metodisk udvikling af Faustmann modellen samt på anvendelse af modellen på opdræt af ørred i ferskvandsdambrug.

Der er udarbejdet en rapport med baggrund og formidling af de opnåede resultater.

Resultaterne vil yderligere indgå i den "generelle vidensbank", således at erhvervets konsulenter kan anvende den nye viden i den daglige rådgivning.

Det forventes endvidere, at der efterfølgende vil blive nedsat en arbejdsgruppe, som skal arbejde videre med implementering af resultaterne. Arbejdsgruppen vil bestå af repræsentanter for hele værdikæden.

## 8. PROJEKTETS KONKLUSIONER

Projektet adresserer en fundamental problemstilling; nemlig opgaven med at transformere dambrug fra et overvejende procesorienteret til et mere markedsorienteret erhverv.

Projektet har løst tre sammenhængende problemstillinger ved at:

- Tilvejebringe et værktøj til optimering af rotationstiden
- Kvantificere effekten af disse ændringer
- Identificere de væsentligste barrierer for erhvervet i forhold til ændret praksis på produktions- og afsætningssiden

Ad 1) Den opstillede bio-økonomiske model til beregning af den optimale rotationstid i danske dambrug vil i fremtiden kunne anvendes som et værktøj til at estimere den optimale rotationstid både for den enkelte dambruger og for erhvervet som helhed.

Ad 2) I den bio-økonomiske model er den beregnede optimale størrelse for en dambrugsørred mellem 300 til 450 gram. Ved anvendelse af Faustmanns rotationsprincip vurderes det, at det økonomisk set vil være mest optimalt at sælge fisken i en størrelse på ca. 300 gram.

Den typiske størrelse på fisken i dag er 340 gram. For at optimere omsætningen i de eksisterende dambrugsanlæg skal man således producere en mindre størrelse fisk, end hvad der er tilfældet i dag.

Man skal dog her være opmærksom på de forudsætninger, der er anvendt i modellen. På det individuelle anlæg kan vandtemperaturen have stor betydning og bør derfor tages i betragtning ved produktionsoptimeringen.

Yderligere vil stigende priser på yngel/sættefisk bevirke, at den optimale størrelse af fisken vil stige, mens stigende foderpriser vil bevirke, at den optimale størrelse fisk bliver mindre. I modellen kan man ligeledes kvantificere den økonomiske betydning af valg af forskellige størrelser og typer af produkter.

Ad 3) Efterspørgslen koncentrerer sig på stadig færre aktører, og evnen til at kunne levere "den rette mængde, i rette kvalitet og til rette tid" bliver fremover endnu mere afgørende.

Udbuddet fra dambrugene bør derfor fremover målrettes mere mod markedet behov både med hensyn til størrelsen på fisken og typen af produkter.

Problemet er imidlertid, at det er meget komplekst at bestemme, hvad der er den optimale rotationstid, og yderligere behøver den optimale rotationstid for det enkelte dambrug ikke nødvendigvis at være optimal for branchen som helhed. Udviklingen af den bio-økonomiske model i dette projekt kan være med til at synliggøre og sætte fokus på nogle af disse barrierer. Dette projekt er "state of the art" i og med, at andre lande ikke har udarbejdet bio-økonomiske modeller for ferskvandsdambrug og produktion af ferskvandsørred.



De væsentligste barrierer for en mere markedsorienteret produktion i erhvervet vurderes at være mangelfuld planlægning, manglende prioritering af særligt lønsomme kunder og den administrative regulering. Det vurderes således ikke, at der er særlige produktionstekniske barrierer. Der peges yderligere på, at organisatorisk og/eller teknisk innovation, vertikal integration, vækst og en strukturudvikling mod færre men større anlæg vil kunne styrke udviklingen.

De største risici i forhold til implementering vurderes at være traditioner og en fragmenteret værdikæde med mange små aktører. Som tidligere nævnt vil ændringer i rotationstiden ændre de interne omkostningsstrukturer, og det kan vise sig svært at omfordele indtægter og udgifter. Det kan i sig selv modvirke forandringer, men her vil modellen give et stærkt bidrag til at forklare og synliggøre effekterne.

Endelig er der tale om en lang produktionscyklus, og derfor vil der være en vis modvilje mod at gennemføre "radikale" ændringer i de nuværende praksisser. Der er ringe erfaring med ændringer af rotationstider, og derfor må modellen initialt baseres på en række antagelser.

Der er her risiko for, at effekterne over- eller undervurderes, og givet en lang produktionscyklus og mange faktorer, er der også en risiko for, at vigtige faktorer overses eller fejlvurderes. En stærk erhvervsforankring medvirker til at reducere disse risici.

## 9. PERSPEKTIVERING

Projektet har tilvejebragt et værktøj, der kan bidrage til en øget produktions- og produktoptimering inden for dambrugssektoren.

Den bio-økonomiske model kan både anvendes som optimeringsværktøj for den enkelte producent eller for sektoren som helhed. Dette værktøj kan fremover være med til at sikre, at dambrugserhvervets produktion bliver bedre afstemt med markedets behov. Den bedre produktionsplanlægning og/eller kunde prioritering vil således kunne være med til at fastholde og udvide den danske sektors markedsandele og samtidig sikre, at der ikke mistes kunder i fremtiden. En øget forsyningssikkerhed på markedets vilkår vil kunne bane vejen for øget vækst og udvikling i erhvervet i fremtiden.

Det er også et faktum, at dansk akvakultur over de sidste 20 år ikke har haft en øget vækst på trods af, at akvakultur på verdensplan er det hurtigst voksende fødevarerhverv. Vækst og større kritisk masse vil styrke konkurrenceevnen.

Introduktion af et fleksibelt output baseret reguleringsregime (Nielsen 2011, 2012) forventes ydermere at bidrage til en mere markedsorienteret produktion.

Dambrugserhvervet har ikke nydt godt af de senere års markante prisstigninger på laks, hvilket formodentlig hænger sammen med, at markedet for portionsørreder udgør et selvstændigt nichemarked.

Hele værdikæden er organiseret i brancheforeningen Dansk Akvakultur. Det giver overblik over muligheder og begrænsninger i de enkelte led, og det sikrer kommunikation gennem værdikæden.

Der er en række forhold, som bør gøres til genstand for yderligere undersøgelser.

Der er behov for at videreudvikle prognosticeringsmodellen. Den findes p.t. kun i en Excel baseret version, og der er behov for at gøre den mere fleksibel, mere brugervenlig og for at udbygge den med yderligere funktioner.

Modellen bør valideres med faktisk data fra dambrug. Det kræver samhörrende tidsserie data af de mest relevante parametre, herunder udvikling i biomasse, foderniveauer, vandtemperaturer, foderforbrug, energiforbrug m.v.

Der er behov for at undersøge og kvantificere en række yderligere variable, herunder fx dødelighed opgjort i stk. og i kg, effekter af avlsarbejde, populationstæthed m.v.

Det vil endvidere være oplagt at undersøge modellens anvendelig som planlægningsværktøj på både virksomheds- og brancheniveau.

Endelig er der behov for at videreudvikle den bio-økonomisk model med inddragelse af Faustmann, således at den optimale produktion ved rotation med flere (variable) cykler kan identificeres.

Kapacitetsmæssige begrænsninger i forhold til udledning eller foderkvoter bør kortlægges og kvantificeres, og det er ydermere relevant at inddrage samlede værdikædebetragtninger fra "æg til kunder".

Det vurderes, at projektets resultater giver en stærk platform for sådanne efterfølgende udredninger og analyser.

## BILAG 1: PLANLÆGNINGSVÆRKTØJ (EXCEL)

## BILAG 2: SÆSONVARIATION

## LITTERATUR

- Arnason, R. (1992) optimal feeding Schedules and harvesting Time in Aquaculture. *Marine Resource Economics*. 7, 15-35.
- Beverton, R. J. H. and S. J. Holt (1957) On the Dynamics of Exploited Fish Populations. Fisheries Investigation Series. 2(19), London: Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.
- Bjørndal, T. (1988). Optimal harvesting of farmed fish. *Marine Resource Economics*. 5, 139–159.
- Clark, C. W. (1990) *Mathematical Bioeconomics – the optimal management of renewable resources*. Second edition, John Wiley & Sons, Inc.
- Faustmann, M. (1849) Beregnung des Werthes, welchen Waldboden sowie nach nicht haubare Holzbestände für die Weldwirtschaft besitzen. *Allgemeine Forst und Jagd Zeitung*. 25, 441.
- Forsberg, O.I., (1996) Optimal stocking and harvesting of size-structured farmed fish: a multi-period linear programming approach. *Mathematics and Computers in Simulation*. 42, 299–305.
- Forsberg, O.I., (1999) Optimal harvesting of farmed Atlantic salmon at two cohort management strategies and different harvest operation restrictions. *Aquaculture Economics and Management*. 3, 143–158.
- From, J. Rasmussen, G. (1984) A growth model, gastric evacuation, and body composition in rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, 1836. *Dana*, vol. 3, 61-139.
- Guttormsen, A.G. (2008) Faustmann in the Sea: Optimal Rotation in Aquaculture. *Marine Resource Economics*. 23, 401-410.
- Hean, R.L. (1994) An Optimal Management Model for Intensive Aquaculture – An Application in Atlantic Salmon. *Australian Journal of Agricultural Economics*. 38, 31-47.
- Heaps, T. (1993) The Optimal feeding of Farmed Fish. *Marine Resource Economics*. 8, 89-99.
- Heaps, T. (1995) Density depend growth and the Culling of Farmed Fish. *Marine Resource Economics*. 10, 285-298.
- Karp, L., Sadeh, A. and Griffin, W.L. (1986). Cycles in agricultural production: the case of aquaculture. *American Journal of Agricultural Economics*. 68, 553–561.
- Leung, P.S. and Shang, Y.C. (1989) Modeling prawn production management system: a Markov decision approach. *Agriculture System*. 29, 5–20.
- Nielsen, R. (2011). Green and technical efficient growth in Danish fresh water aquaculture. *Aquaculture Economics & Management*, 15(4), 262-277.
- Nielsen, R. (2012). Introducing individual transferable quotas on nitrogen in Danish freshwater aquaculture: Production and profitability gains. *Ecological Economics*, 75, 83-90.

Shaftel, L.T. and Wilson, M.B. (1990) A mixed-integer linear programming decision model for aquaculture. *Managerial and Decision Economics*. 11, 31–38.

Talpaz, H. and Tsur, Y. (1982) Optimizing Aquaculture Management of a Single Species Fish population. *Agricultural Systems*. 9, 127-142.

Yu, R. and Leung, P. S. (2005) Optimal harvesting strategies for a multi-pond and multi-cycle shrimp operation: a practical network model. *Mathematics and Computers in Simulation*. 68, 339-354.

Yu, R. and Leung, P. S. (2006) Optimal Partial Harvesting schedule for Aquaculture Operations. *Marine Resource Economics*. 21, 301-315.

Yu, R. and Leung, P. S. (2009). Optimal harvest time in continuous aquaculture production: The case of non-homogeneous production cycles. *International Journal of Production Economics*. 117, 267-270.

Yu, R. and Leung, P. S. and Bienfang, P. (2006) Optimal production schedule in commercial shrimp culture. *Aquaculture*. 254, 426-441.

Yu, R. and Leung, P. S. and Bienfang, P. (2009) Modeling partial harvesting in intensive shrimp culture: a network-flow approach. *European Journal of Operational Research*. 193, 262-271.